

Seafloor seismic observation using long-distance DAS technology

*Hiroyuki MATSUMOTO¹, Eiichiro Araki¹, Takashi Yokobiki¹, Kinzo Kishida², Daiji Azuma²

1. JAMSTEC, 2. Neubrex Co., Ltd.

光ファイバセンシング技術の一つである光ファイバ分散型音響センシング（DAS : Distributed Acoustic Sensing）は、入射光に対して光ファイバ内の発生する散乱光から散乱体の位置変化を計測するものである。光ファイバの一部がひずむと、散乱光の位相が変化する。DASは、光ファイバの散乱体の相対位置変化の分布を光ファイバ全長にわたって観測する。DASの特徴は長距離にわたり空間分解能が高い連続データが観測できることである。本研究では、DASを海底ケーブルに適用して光ファイバ長100 kmまでの観測を行い、DASによる地震発生帯での地震動の検出能力について考察した。本研究で利用した光ファイバは、図1に示す「高知県室戸岬沖海底地震総合観測システム」の海底ケーブルである。この観測システムは、2019年3月に運用を停止して以降、主にDAS観測のテストサイトとして利用している。ケーブル長は、陸上局から先端観測ステーション（DSO）まで約128kmあり、6心の光ファイバをもつシステムである。海底ケーブルの途中に2台の海底地震計（OBS）と2台の津波計（PG）が設置されている。まずDAS観測の地震観測への適用性を調べるために、DSOラインを用いて60 km計測レンジにより概ね15 km～30 kmのセクションについて38時間の連続観測を行った。連続観測を行った期間に、紀伊水道でM 2.5の地震が発生した（図1）。地震の発生時刻は2020年3月24日00時31分54.1秒である。震央からDAS観測のケーブルセクションまで概ね120 kmであった。DASによる地震観測例として、10.5 mの空間分解能で計測（decode）したデータセットを50 m毎にスタッキングして、10～20 Hzのバンドパスフィルタを適用したものを図2に示す。海底面とのカップリングが強いセクションは高感度の観測ができている。P波はS波に比べるとS/N比は下がるが、カップリングが強いセクションではP波も識別できる。DASは光ファイバの軸方向ひずみへの感度が高いため、S波の到達はより明瞭に観測されている。次に、光ファイバの結合部（CPL）が120.7 kmに存在するPG1ラインを用いて120 km計測レンジにより概ね0 km～60 kmおよび40 km～100 kmの2セクションの観測を行い、光ファイバ長100 kmまでのノイズレベルを比較した。上記と同様のデータ処理を施し、0.1～10 Hzのバンドパスフィルタを適用した。図3にそれぞれの光ファイバセクションの3分間のDAS観測の記録を示す。図3(a)に沿岸に近いセクションの観測を示すが、海岸線から2 km付近までは海底ケーブルが波浪の影響を受けるためノイズレベルが高い。海底面とのカップリングがよいセクションでは脈動が明瞭に観測されている。図3(b)に沖合のセクションの観測を示すが、70 kmより遠方のセクションはノイズレベルが高くなる。図4に10 km毎に計算したパワースペクトル密度を示す。30 kmを除き、70 kmまでは脈動の帯域にピークがある。図3(a)からもわかるように、30 kmは海底面とのカップリングが弱いセクションであることを示唆する。また2回の観測でオーバーラップする40 kmならびに50 kmは同等のノイズレベルとなっている。計測距離が長くなるにつれて入射光の減衰が大きくなるため、広帯域でノイズレベルが高くなる傾向にあり、80 kmと90 kmのPSDには脈動のピークは認識できない。したがって現在のところ、光ファイバ長70 kmまでのセクションで海底地震観測に適用可能と考えられる。

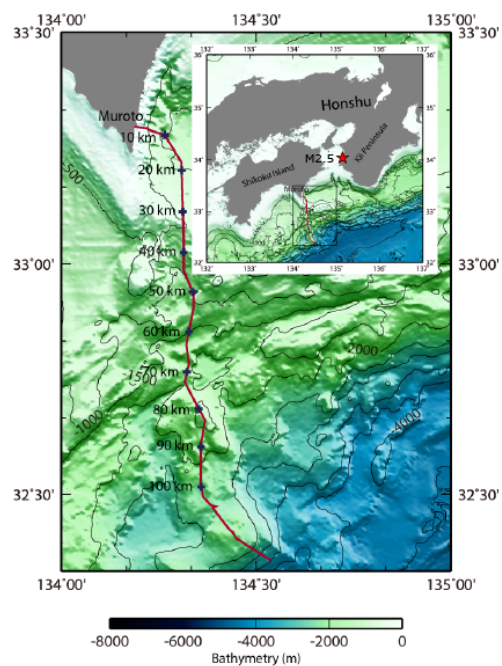


図 1 : JAMSTEC 室戸海底ケーブルの敷設位置
(☆は紀伊水道で発生した地震の震央)

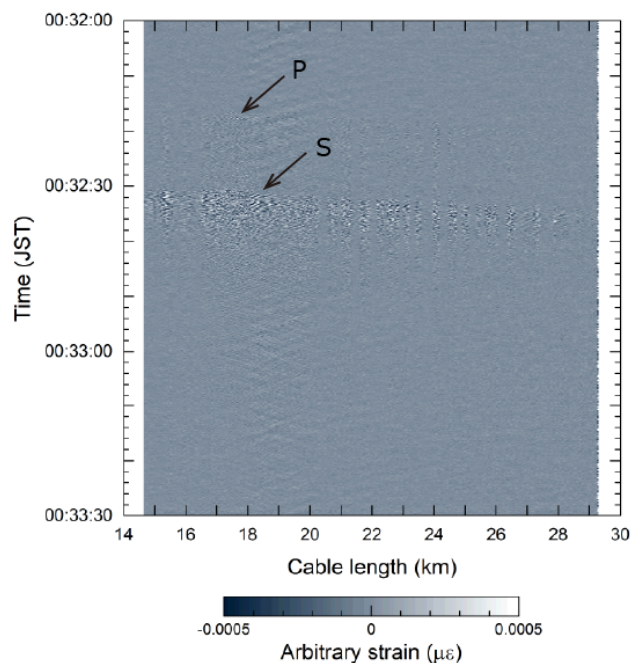


図 2 : 2020 年 3 月 24 日に紀伊水道で発生した地震の
シグナル (10 - 20 Hz バンドパスフィルタを適用)

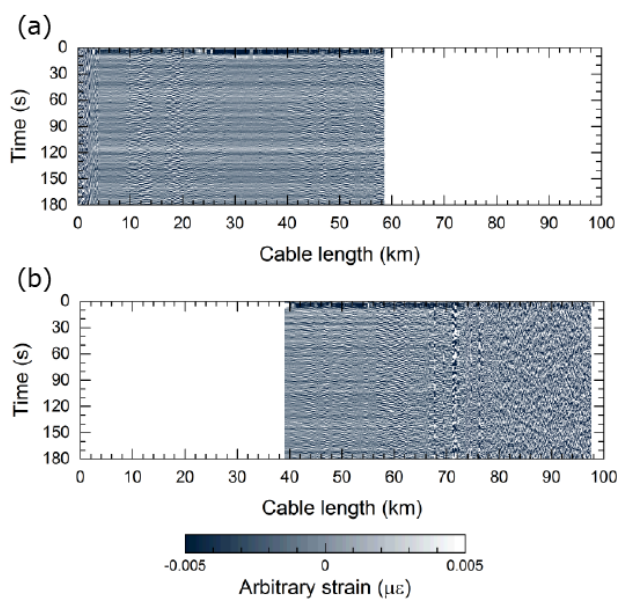


図 3 : (a) 0 - 60 km、(b) 40 - 100 km セクションの DAS
観測 (0.1 - 10 Hz バンドパスフィルタを適用)

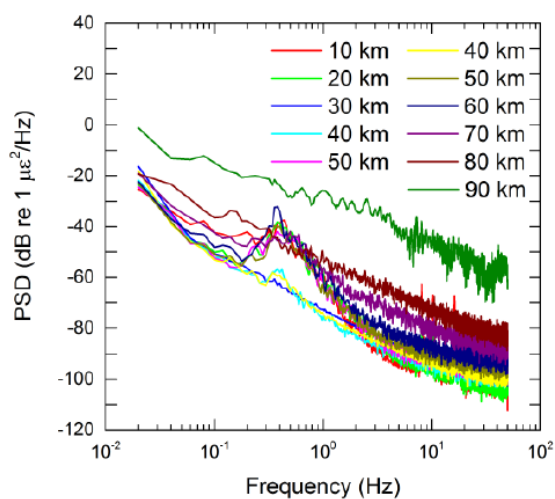


図 4 : 10 km 毎のパワースペクトル密度